

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 鬼木 哲 印

題 目 乾燥地域における再生水利用システムの構築支援手法に関する研究

学位論文の概要及び要旨

地球上の水資源で利用可能な水は、水全体量に対して極めて少なく、また水資源は大きく偏在している。特に乾燥地域では、一般的に降雨量が少なく、気温が高いことから蒸発散量が大きく陸地には水がほとんど存在せず、水源とその量が極めて限られている。乾燥地域での水源は、地下水に大きく依存しており、枯渇や汚染が懸念される。また、乾燥地域では、人口増加が起因し、水ストレスが高くなっていることから、水資源の安定的な確保は、今後、ますます重要となっていく。

このような背景のもとで、下水処理水の再利用（再生水の利用）が水資源問題の解決策の一つとして期待できる。再生水は安定して供給されるため、貴重な水資源となる可能性が高い。乾燥地域において、持続可能な水利用を実現するために、再生水利用システムの構築が要請される状況が今後、増えてくると考えられる。そこで、まずはこの仮説の有効性について、具体的な検証が必要となる。そこで、1) 下水処理水の処分方法として再生水利用システムが有望な選択肢になりうるのかについて、乾燥地域における実際のフィールドを対象に実証した。

一方で、以上が確認されたとしても、地域の特性に応じてシステムの規模や構成が異なりうることから、システムの構築に際しては客観的な検討が必要である。しかし、そのための技術的な蓄積は乏しい。そこで本研究では、2) システム構築の際、下水処理施設の適切な配置を決定する方法がない、そして、3) 構築したシステムの社会的・経済的な効果を計測する方法がないことに着目し、これらを克服するために、乾燥地域における下水処理水の再利用システムの有効性の判断方法、再生水利用を考慮した最適な下水処理施設の配置計画方法、ならびに再生水利用システムの経済効果に関する計測方法を検討する。本研究では上記の1)~3)に焦点を当て検討した。

まず、一つ目の課題に対しては、ケーススタディとして乾燥地域であるオマーン国を取り上げ、下水道施設の新規建設である計画初期段階において下水処理水の利用の可否を含めた再生水導入の可能性について、下水処理水の処分の予備的検討を行った。具体的には、再生水利用システムに代替しうる下水処理水の処分に関するオプションを想定し、それらの経済性の比較を試み、

再生水利用システムが有効な選択肢となりうることを立証した。

二つ目の課題に関しては、乾燥地域にある発展途上国では下水道施設が整備されていない場合が多いことに着目した。この場合、下水道施設の整備率の高い国や地域とは異なり、下水処理施設と再生水利用システムを同時に整備することがあり得る。こうした地域における下水道システムの導入計画を検討するに当たっては、計画当初より処理水の再利用を念頭において処理施設の建設場所を決定することができる。

そこで、このような計画の場面を想定し、下水の処分を目的とした二次処理施設及び、下水処理水を再利用のための高度処理施設の最適な立地を明らかにするためのモデルを構築した。具体的には、複数の地区からの発生下水を集水し、二次処理後、再生水として利用される量を高度処理施設に送り、処理後に各地区に供給するという設定の下で、費用面で最適となる二次処理施設・高度処理施設の立地を求めるためのモデルを混合整数線形計画法により定式化した。また、仮想的なケーススタディを行い、二次・高度処理施設の立地がどのように異なるのかを示すとともに、従来考えられてきた低地への下水処理場の建設や、集約して施設を立地させることが必ずしも適切ではないことを示した。

三つ目の課題に関しては、中央政府が再生水の導入による水資源開発を行って農業振興を計画する場面を想定し、農業生産の増加に伴う経済波及効果を通じて再生水利用システムの効果を計測するための方法論を検討した。

再生水を導入する場合には、どの農産品も再生水を用いて生産できるわけではなく、生産できる農産品は水質の低さを許容しうる品目に限定される。一方、経済波及効果を含めた経済効果の算出には産業連関分析の適用が一般的であるが、品目という細かな分類データを直接的に扱うことができないという技術的な制約に直面する。そこでまず、線形計画法を用いて、再生水の導入により増加した水資源量の下で生産額を最大にする農業生産量を品目別に求めた。これを農業部門として集約し、産業連関分析に入力することで各産業部門の生産額の変化を求め、その増加分をもって再生水の導入の効果とみなす方法論を開発した。さらに、各品目がどの品質の再生水を受け入れるかという設定の下で、2種類の質の異なる再生水（低品質と高品質）を導入することによる効果を試算し、方法の有効性を確認した。